

B7

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-164231

(43)Date of publication of application : 16.06.2000

(51)Int.Cl.

H01M 8/04

H01M 8/02

H01M 8/10

H01M 8/24

(21)Application number : 10-336232

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 26.11.1998

(72)Inventor : SHIMOTORI SOICHIRO

SAITO KAZUO

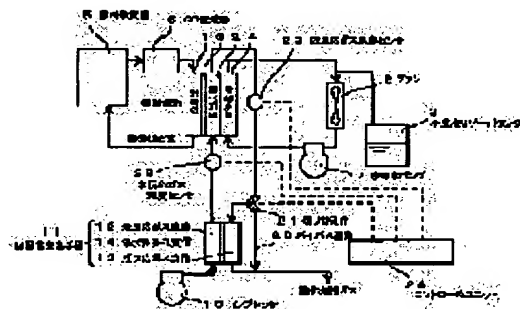
HORI MICHIO

## (54) SOLID HIGH MOLECULAR FUEL CELL SYSTEM

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a fuel cell system having high performance and capable of appropriately controlling the quantity of humidification by a temperature and humidity exchanging means.

SOLUTION: A bypass passage 20 for connecting an inlet and an outlet of a reacted gas flow passage 13 of a temperature and humidity exchanging means 11 is provided, and a selector valve 21 for switching to the bypass valve 20 and a reacted gas temperature sensor 22 are provided on a line from an oxidant pole 2 of the fuel cell to the reacted gas flow passage 13 of the temperature and humidity exchanging means 11, and a non-reaction gas temperature sensor 23 is provided on a line from a non-reaction gas flow passage 12 of the temperature and humidity exchanging means 11 to the oxidant pole 2 of the fuel cell. A control unit 24 for controlling the switching operation of the selector valve 21 on the basis of a result of the detection by both temperature sensors 22, 23 is provided so as to control the quantity of the reacted gas flowing to the temperature and humidity exchanging means 11, namely, quantity of the steam so as to control the quantity of humidification of the non-reaction gas.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.04.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

B7

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-164231

(P2000-164231A)

(43) 公開日 平成12年6月16日 (2000.6.16)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 M	8/04	H 0 1 M	8/04 K 5 H 0 2 6
	8/02		8/02 R 5 H 0 2 7
	8/10		8/10
	8/24		8/24 R

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-336232

(22) 出願日 平成10年11月26日 (1998. 11. 26)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 霜島 宗一郎

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 齊藤 和夫

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100081961

弁理士 木内 光春

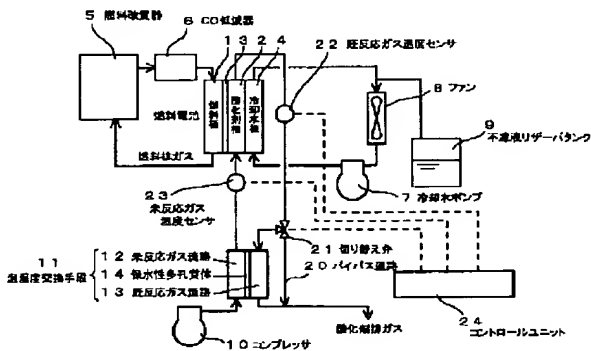
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体高分子型燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】 温湿度交換手段における加湿量を適切に制御することができる、高性能の固体高分子型燃料電池システムを提供する。

【解決手段】 温湿度交換手段11の既反応ガス流路13の入口と出口を結ぶバイパス通路20を設け、燃料電池の酸化剤極2から温湿度交換手段11の既反応ガス流路13へ至るライン上に、バイパス通路20へ切り替える切替弁21と、既反応ガス温度センサ22を設け、温湿度交換手段11の未反応ガス流路12から燃料電池の酸化剤極2へ至るライン上に、未反応ガス温度センサ23を設ける。また、両温度センサ22、23の検出結果に基づいて、切替弁21の切り替え動作を制御するコントロールユニット24を設け、バイパス通路20に流れる既反応ガスの量を制御することにより、温湿度交換手段に流れる既反応ガスの量、すなわち水蒸気量を制御して、未反応ガスの加湿量の制御を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 固体高分子膜を電解質とする固体高分子型燃料電池スタックと、前記燃料電池スタックの反応部を通過した既反応ガスと前記反応部を通過する前の未反応ガスとの熱と水分の交換を行う温湿度交換手段を有する固体高分子型燃料電池システムにおいて、前記温湿度交換手段の既反応ガス流路の入口側と出口側を結ぶバイパス通路を形成し、前記バイパス通路への切替弁を設けたことを特徴とする固体高分子型燃料電池システム。

【請求項 2】 固体高分子膜を電解質とする固体高分子型燃料電池スタックと、前記燃料電池スタックの反応部を通過した既反応ガスと前記反応部を通過する前の未反応ガスとの熱と水分の交換を行う温湿度交換手段を有する固体高分子型燃料電池システムにおいて、前記温湿度交換手段の未反応ガス流路の入口側と出口側を結ぶバイパス通路を形成し、前記バイパス通路への切替弁を設けたことを特徴とする固体高分子型燃料電池システム。

【請求項 3】 前記反応部を通過した既反応ガスの温度または湿度を検出する第 1 の検出手段と、前記反応部を通過する前の未反応ガスの温度または湿度を検出する第 2 の検出手段を備え、前記検出手段によって検出された温度または湿度に基づいて、前記切替弁を制御するように構成したことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の固体高分子型燃料電池システム。

【請求項 4】 前記温湿度交換手段が、複数の交換セルから構成され、前記複数の交換セルのうち、一部の交換セルに流通する第 1 の既反応ガス流路と、残りの交換セルに流通する第 2 の既反応ガス流路とが設けられ、前記第 2 の既反応ガス流路を開閉する開閉弁が設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の固体高分子型燃料電池システム。

【請求項 5】 前記温湿度交換手段が、複数の交換セルから構成され、前記複数の交換セルのうち、一部の交換セルに流通する第 1 の未反応ガス流路と、残りの交換セルに流通する第 2 の未反応ガス流路とが設けられ、前記第 2 の未反応ガス流路を開閉する開閉弁が設けられていることを特徴とする請求項 2 に記載の固体高分子型燃料電池システム。

【請求項 6】 前記反応部を通過した既反応ガスの温度または湿度を検出する第 1 の検出手段と、前記反応部を通過する前の未反応ガスの温度または湿度を検出する第 2 の検出手段を備え、前記検出手段によって検出された温度または湿度に基づいて、前記切替弁又は開閉弁を制御するように構成したことを特徴とする請求項 4 又は請求項 5 に記載の固体高分子型燃料電池システム。

【請求項 7】 固体高分子膜を電解質とする固体高分子

型燃料電池スタックと、前記燃料電池スタックの反応部を通過した既反応ガスと前記反応部を通過する前の未反応ガスとの熱と水分の交換を行う温湿度交換手段を有する固体高分子型燃料電池システムにおいて、前記温湿度交換手段に、前記燃料電池スタックの冷却に用いられた冷却媒体による温度調整手段が設けられたことを特徴とする固体高分子型燃料電池システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、固体高分子型燃料電池システムに係り、特に、温湿度交換手段における加湿量を適切に制御すべく改良を施した固体高分子型燃料電池システムに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 燃料電池は、水素等の燃料と空気等の酸化剤を電気化学的に反応させることにより、燃料の持つ化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する装置である。この燃料電池は、用いられる電解質の種類により、アルカリ型、固体高分子型、リン酸型等の低温作動燃料電池と、熔融炭酸塩型、固体酸化物型等の高温作動燃料電池とに大別される。なかでも、電解質としてプロトン伝導性を有する固体高分子電解質膜を用いた固体高分子型燃料電池（以下、PEFC と記す）は、コンパクトな構造で高出力密度が得られ、かつ簡易なシステムで運転が可能なることから、宇宙用や車両用などの電源として注目されている。

【0003】 一般的な燃料電池システムは、メタン等の炭化水素またはメタノール等のアルコールを燃料とし、燃料を改質して水素リッチガスを生成する改質器、水素リッチガス中の CO を低減するシフト反応器および選択酸化器、酸化剤として空気を供給するコンプレッサー、電池反応による発熱を取り除く冷却系、そして燃料電池本体から構成されている。そして、燃料電池本体では、燃料ガスに含まれる水素から水素イオンが生成され、この水素イオンが電解質膜内を伝導して酸化剤ガスに含まれる酸素と反応して水を生じる。その際に、水素の化学エネルギーの一部が直接電気エネルギーとして取り出される。

【0004】 また、電解質膜は含水状態で良好な水素イオン伝導性を示すため、運転中は、電解質膜に水分を与えて含水状態に保つ加湿が不可欠である。この加湿方法としては、反応ガスに予め水蒸気を添加する外部加湿方式、電池冷却水と未反応ガスを加湿膜を介して接触させ、電池冷却水の一部を未反応ガスに添加する間接内部加湿方式、電池冷却水を電池反応部の反応ガスに直接供給する直接内部加湿方式などが知られている。

【0005】 一方、近年、電池部を通過した既反応ガスと電池部を通過する前の未反応ガスを水蒸気透過膜を介して接触させ、水蒸気分圧差により、既反応ガスに含まれる水分を未反応ガスに添加する加湿方式が提案され

ている(J. F. McElroy and L. J. Nuttall, "Status of Solid Polymer Electrolyte Technology and Potential for Transportation Applications", 17th IECEC, 1982, pp.667-671.)。この場合、電極反応に伴い水蒸気が生成されるため、既反応ガスには飽和もしくはそれに近い水蒸気が含まれることになる。一方、未反応ガスには含まれる水蒸気が少ないため、それぞれのガスには水蒸気分圧差が生じ、これを駆動力として、水蒸気を濃度拡散させることができる。この方法は、上記の文献でも述べられているように、相変化を生じさせないというところに特徴がある。なお、特開平6-132038号にも同様の加湿方法が開示されている。

【0006】図24は、従来から用いられている一般的な固体高分子型燃料電池システムの構成を示した図である。すなわち、固体高分子型燃料電池本体は、燃料極1、酸化剤極2からなる一対のガス拡散電極に、イオン伝導性とガス分離機能を有する固体高分子電解質膜3を挟持させて構成されている。そして、燃料極1に水素等の燃料ガス、酸化剤極2に空気等の酸化剤ガスを供給すると、電気化学反応により起電力が生じる。この電気化学反応は発熱反応であるため、燃料電池本体には、余剰な熱を除去するために、内部に冷却水を流通させた冷却水板4が配設されている。

【0007】また、燃料を改質して水素リッチガスを生成する燃料改質器5、水素リッチガス中のCOを低減するCO低減器6が設けられ、改質された燃料ガスが燃料極1に供給されるように構成されている。この燃料ガスは、電池反応によって所定量消費された後、燃料排ガスとして改質器5のバーナーに供給され、改質器の熱源となる。

【0008】一方、燃料電池の冷却水板4には、冷却水ポンプ7により不凍液が供給されるように構成されている。冷却水板4に供給された不凍液は、電池反応によって生じた熱を取り除いた後、ファン8により冷却され、循環される。また、ファン8の入口には、不凍液リザーバタンク9が接続され、不凍液の量を調整するように構成されている。

【0009】また、コンプレッサー10によって供給された空気は、温湿度交換手段11の未反応ガス流路12を経て燃料電池の酸化剤極2に供給されるように構成されている。この酸化剤ガスは、電池反応により所定量消費された後、電池反応によって生じた生成水を回収して電池外に排出される。排出された空気は、温湿度交換手段11の既反応ガス流路13に供給され、保水性多孔質体14を介して、水分を未反応空気と与え、未反応空気を加湿した後、酸化剤排ガスとして系外に排出されるように構成されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したような従来の加湿方法には、以下に述べるような様々

な問題点がある。すなわち、水蒸気透過膜を介して既反応ガスの水蒸気を未反応ガスに添加して加湿する方法では、お互いのガスの水蒸気分圧差だけで加湿を行うため、既反応ガス側での水蒸気濃度勾配による拡散抵抗、水蒸気透過膜内の拡散抵抗、さらに未反応ガス側での拡散抵抗など、水蒸気の拡散抵抗が非常に大きくなるため、十分な加湿をする場合には大きな加湿器が必要となるといった問題がある。

【0011】また、この方法では、加湿量は、既反応ガスに含まれる水蒸気と媒体となる多孔質体の交換面積により決まるが、通常、多孔質体の交換面積は一定なので、加湿量は既反応ガスに含まれる水蒸気量、すなわち水蒸気分圧により決まることになる。水蒸気分圧は温度や出力などの作動条件により異なるが、どのような作動条件であっても、必要な加湿量が得られるように制御する必要がある。必要な加湿量が得られない場合には、電解質膜中の水分が減少し、水素イオン伝導率が低下して性能が低下してしまうからである。さらに、反応部を通過した既反応ガス中の水分も減少し、水蒸気分圧が下がるので、ますます加湿量が低下するという悪循環に陥る可能性がある。

【0012】このように、水蒸気透過膜を介して既反応ガスの水蒸気を未反応ガスに添加して加湿する方法では、加湿量が既反応ガス中の水蒸気分圧により決まるため、加湿量が少ないなどバランスした状態を外れると、加湿量の制御が難しいという問題点がある。

【0013】本発明は、上述したような従来技術の問題点を解消するために提案されたものであり、その目的は、温湿度交換手段における加湿量を適切に制御することができる、高性能の固体高分子型燃料電池システムを提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、請求項1に記載の発明は、固体高分子膜を電解質とする固体高分子型燃料電池スタックと、前記燃料電池スタックの反応部を通過した既反応ガスと前記反応部を通過する前の未反応ガスとの熱と水分の交換を行う温湿度交換手段を有する固体高分子型燃料電池システムにおいて、前記温湿度交換手段の既反応ガス流路の入口側と出口側を結ぶバイパス通路を形成し、前記バイパス通路への切替弁を設けたことを特徴とするものである。上記のような構成を有する請求項1に記載の発明によれば、既反応ガス流路の入口側と出口側を結ぶバイパス通路への切替弁を制御することにより、温湿度交換手段に供給される既反応ガスの流量を調整することができるので、未反応ガスの加湿量を容易に制御することが可能となる。

【0015】請求項2に記載の発明は、固体高分子膜を電解質とする固体高分子型燃料電池スタックと、前記燃料電池スタックの反応部を通過した既反応ガスと前記反応部を通過する前の未反応ガスとの熱と水分の交換を行

10

20

30

40

50

う温湿度交換手段を有する固体高分子型燃料電池システムにおいて、前記温湿度交換手段の未反応ガス流路の入口側と出口側を結ぶバイパス通路を形成し、前記バイパス通路への切替弁を設けたことを特徴とするものである。上記のような構成を有する請求項 2 に記載の発明によれば、未反応ガス流路の入口側と出口側を結ぶバイパス通路への切替弁を制御することにより、温湿度交換手段に供給される未反応ガスの流量を調整することができるので、未反応ガスの加湿量を容易に制御することが可能となる。

【0016】請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 又は請求項 2 に記載の固体高分子型燃料電池システムにおいて、前記反応部を通過した既反応ガスの温度または湿度を検出する第 1 の検出手段と、前記反応部を通過する前の未反応ガスの温度または湿度を検出する第 2 の検出手段を備え、前記検出手段によって検出された温度または湿度に基づいて、前記切替弁を制御するように構成したことを特徴とするものである。上記のような構成を有する請求項 3 に記載の発明によれば、燃料電池スタックの反応部を通過した既反応ガスの温度または湿度と、前記反応部を通過する前の未反応ガスの温度または湿度に基づいて、既反応ガス流路に対するバイパス通路への切替弁、あるいは、未反応ガス流路に対するバイパス通路への切替弁を制御することができるので、温湿度交換手段における加湿量をより精度良く制御することが可能となる。

【0017】請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 に記載の固体高分子型燃料電池システムにおいて、前記温湿度交換手段が、複数の交換セルから構成され、前記複数の交換セルのうち、一部の交換セルに流通する第 1 の既反応ガス流路と、残りの交換セルに流通する第 2 の既反応ガス流路とが設けられ、前記第 2 の既反応ガス流路を開閉する開閉弁が設けられていることを特徴とするものである。上記のような構成を有する請求項 4 に記載の発明によれば、温湿度交換手段が複数の交換セルから構成されている場合に、第 1 の既反応ガス流路と第 2 の既反応ガス流路を設け、第 2 の既反応ガス流路を開閉する開閉弁を制御することにより、温湿度交換手段に供給される既反応ガスの流量を調整することができるので、未反応ガスの加湿量を容易に制御することが可能となる。

【0018】請求項 5 に記載の発明は、請求項 2 に記載の固体高分子型燃料電池システムにおいて、前記温湿度交換手段が、複数の交換セルから構成され、前記複数の交換セルのうち、一部の交換セルに流通する第 1 の未反応ガス流路と、残りの交換セルに流通する第 2 の未反応ガス流路とが設けられ、前記第 2 の未反応ガス流路を開閉する開閉弁が設けられていることを特徴とするものである。上記のような構成を有する請求項 5 に記載の発明によれば、温湿度交換手段が複数の交換セルから構成されている場合に、第 1 の未反応ガス流路と第 2 の未反応

ガス流路を設け、第 2 の未反応ガス流路を開閉する開閉弁を制御することにより、温湿度交換手段に供給される未反応ガスの流量を調整することができるので、未反応ガスの加湿量を容易に制御することが可能となる。

【0019】請求項 6 に記載の発明は、請求項 4 又は請求項 5 に記載の固体高分子型燃料電池システムにおいて、前記反応部を通過した既反応ガスの温度または湿度を検出する第 1 の検出手段と、前記反応部を通過する前の未反応ガスの温度または湿度を検出する第 2 の検出手段を備え、前記検出手段によって検出された温度または湿度に基づいて、前記切替弁又は開閉弁を制御するように構成したことを特徴とするものである。上記のような構成を有する請求項 6 に記載の発明によれば、燃料電池スタックの反応部を通過した既反応ガスの温度または湿度と、前記反応部を通過する前の未反応ガスの温度または湿度に基づいて、既反応ガス流路に対するバイパス通路への切替弁、未反応ガス流路に対するバイパス通路への切替弁、第 2 の既反応ガス流路を開閉する開閉弁あるいは第 2 の未反応ガス流路を開閉する開閉弁を制御することができるので、温湿度交換手段における加湿量をより精度良く制御することが可能となる。

【0020】請求項 7 に記載の発明は、固体高分子膜を電解質とする固体高分子型燃料電池スタックと、前記燃料電池スタックの反応部を通過した既反応ガスと前記反応部を通過する前の未反応ガスとの熱と水分の交換を行う温湿度交換手段を有する固体高分子型燃料電池システムにおいて、前記温湿度交換手段に、前記燃料電池スタックの冷却に用いられた冷却媒体による温度調整手段が設けられたことを特徴とするものである。上記のような構成を有する請求項 7 に記載の発明によれば、燃料電池スタックの冷却に用いられた冷却媒体を利用して、温湿度交換手段の温度調整ができるので、効率の良いシステムを提供することができる。また、温度調整手段へ供給される冷却媒体の量を調節することにより、温湿度交換手段における加湿量を制御することが可能となる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態（以下、実施形態という）について、図面を参照して具体的に説明する。なお、図 24 に示した従来型と同一の部材には同一の符号を付して、説明は省略する。

【0022】[1. 第 1 実施形態]

[1-1. 構成] 図 1 は、本発明に係る固体高分子型燃料電池システムの第 1 実施形態の構成を示す図である。すなわち、本実施形態においては、温湿度交換手段 11 の既反応ガス流路 13 の入口と出口を結ぶバイパス通路 20 が設けられ、燃料電池の酸化剤極 2 から温湿度交換手段 11 の既反応ガス流路 13 へ至るライン上に、前記バイパス通路 20 へ切り替える切替弁 21 と、既反応ガス温度センサ 22 が設けられている。また、温湿度交換手段 11 の未反応ガス流路 12 から燃料電池の酸化剤極

2へ至るライン上に、未反応ガス温度センサ23が設けられている。また、前記既反応ガス温度センサ22と未反応ガス温度センサ23の検出結果に基づいて、前記切替弁21の切り替え動作を制御するコントロールユニット24が設けられている。

【0023】図2は、前記切替弁21の切り替え動作を制御するための未反応ガス温度と既反応ガス温度の関係を示す図である。すなわち、温湿度交換手段11では、未反応ガス温度 $T_d$ 、すなわち未反応ガス出口露点と、既反応ガス温度 $T_w$ 、すなわち既反応ガス入口露点は、比例関係にある( $T_w = B(T_d)$ )。一方、燃料電池本体では、反応による生成水が反応ガス中に蒸発し、燃料ガスの入口／出口の水蒸気の差分とともに排出空気に含まれる。生成水が効率良く排出されるためには、既反応ガス温度 $T_w$ と未反応ガス温度 $T_d$ は、既反応ガス中の水蒸気量が、未反応ガス中の水蒸気量と、生成水と、燃料ガス入口／出口の水蒸気量の差分との和と等しくなる関係、すなわち1対1の関係である必要がある( $T_w = A(T_d)$ )。

【0024】図2に示したように、この2つの曲線が重なる点Aでは、温湿度交換手段11で加湿された未反応ガスの温度 $T_d$ において含まれる水蒸気量と、生成水と、燃料ガス入口／出口の水蒸気量の差分との和が、温湿度交換手段11に供給される既反応ガスの温度 $T_w$ において含まれる水蒸気量と等しくなり、生成水を効率良く排出できて、定常な運転が可能となる。

【0025】[1-2. 作用] 上記のような構成を有する本実施形態の作用を、図3に示したフローチャートにしたがって説明する。図3に示したように、制御開始時には、切替弁21は既反応ガス流路側へ開かれており、温湿度交換手段11によって既反応ガスから未反応ガスへ加湿が行われる。

【0026】そして、ステップ301において、前記コントロールユニット24によって、既反応ガス温度センサ22及び未反応ガス温度センサ23の検出結果が監視され、 $T_w < A(T_d) - \Delta T_w$ の条件を満足しない場合、すなわち、既反応ガス温度が所定の値以上である場合には、そのまま運転が行われる。一方、既反応ガス温度が $T_w < A(T_d) - \Delta T_w$ の条件を満足した場合、すなわち、図2のB点のように、既反応ガス温度が、燃料電池本体のバランス曲線 $T_w = A(T_d)$ より下の領域に推移すると、ステップ302に進み、バイパス通路20へ切り替わる。なお、この場合、図2に示すように、バランス曲線に対して所定の幅 $\Delta T_w$ を設定し、この幅より下回るときにバイパス通路へ切り替わるようにすると、切り替えの回数を少なくできる。

【0027】このようにして、バイパス通路20へ切り替わると、既反応ガスが温湿度交換手段11に供給されなくなるため、未反応ガスへの加湿が行われなくなり、図2のB点→C点のように、未反応ガス温度が低下して

いく。そして、ステップ303において、前記コントロールユニット24によって、既反応ガス温度センサ22及び未反応ガス温度センサ23の検出結果が監視され、 $T_w \geq A(T_d) + \Delta T_w$ の条件を満足しない場合、すなわち、既反応ガス温度が所定の値以下である場合には、そのまま運転が行われる。

【0028】そして、未反応ガス温度がさらに低下し、図2のD点のように、既反応ガス温度が、燃料電池本体のバランス曲線 $T_w = A(T_d)$ よりも上の領域に推移すると、ステップ304に進み、再び既反応ガス通路へ切り替えられる。その結果、既反応ガスが温湿度供給手段11に供給されて、未反応ガスを加湿し、図2のD点→C点のように、未反応ガス温度が上昇する。なお、ここでも、バランス曲線に対して所定の制御幅 $\Delta T_w$ を設置している。以上の制御フローを繰り返すことにより、温湿度交換手段のバランス曲線を外れても、燃料電池本体のバランス曲線上のC点に保つ制御を行うことができる。

【0029】また、本実施形態の燃料電池システムと、従来のバイパス通路をもたない燃料電池システムを用いし、冷却水により燃料電池本体の温度を変化させて発電試験を行ったところ、以下のような結果が得られた。まず、未反応ガス温度が65℃、既反応ガス温度が70℃となるように発電試験を行ったところ、燃料電池本体の水バランスと、温湿度交換手段のバランスが一致し、2つのシステムとも安定した運転が可能であった(図2のA点に相当する)。

【0030】次に、既反応ガス温度が65℃となるように燃料電池本体の温度を下げて試験を行ったところ、従来の燃料電池システムでは、未反応ガス温度が60℃となるように温湿度交換手段がバランスした。ところが、この条件では、未反応ガス温度に対して既反応ガス温度が低く、燃料電池本体で生成水を十分に排出できず、電極内に水が蓄積してガスの拡散を阻害し、運転を行うことができなかった(図2のB点に相当する)。一方、本実施形態の燃料電池システムでは、切替弁を制御することにより、燃料電池本体で水がバランスする点、すなわち既反応ガス温度が65℃、未反応ガス温度が50℃で運転を行うことができ、継続して運転が可能となった(図2のC点に相当する)。

【0031】[1-3. 効果] このように、本実施形態によれば、温湿度交換手段の既反応ガス流路の入口と出口を結ぶバイパス通路と、このバイパス通路へ切り替える切替弁と、未反応ガス温度センサ及び既反応ガス温度センサを設け、既反応ガス温度センサと未反応ガス温度センサの検出結果に基づいて、切替弁の切り替え動作を制御することによって、燃料電池本体での水がバランスする条件での運転が可能となる。

【0032】なお、本実施形態では、検出手段として温度センサを用いたが、湿度センサや露点計で代用しても

同様の効果が得られる。また、バイパス流路への切り替えを切替弁を用いて行ったが、バイパス流路と既反応ガス流路の一方もしくは両方に開閉弁を設けても同様の効果が得られる。

#### 【0033】〔2. 第2実施形態〕

〔2-1. 構成〕図4は、本発明に係る固体高分子型燃料電池システムの第2実施形態の構成を示す図である。すなわち、本実施形態においては、温湿度交換手段11の未反応ガス流路12の入口と出口を結ぶバイパス通路30が設けられ、コンプレッサ10から温湿度交換手段11の未反応ガス流路12へ至るライン上に、前記バイパス通路30へ切り替える切替弁31が設けられている。また、第1実施形態と同様に、燃料電池の酸化剤極2から温湿度交換手段11の既反応ガス流路13へ至るライン上に、既反応ガス温度センサ32が設けられ、また、温湿度交換手段11の未反応ガス流路12から燃料電池の酸化剤極2へ至るライン上に、未反応ガス温度センサ33が設けられている。さらに、前記既反応ガス温度センサ32と未反応ガス温度センサ33の検出結果に基づいて、前記切替弁31の切り替え動作を制御するコントロールユニット34が設けられている。

【0034】〔2-2. 作用〕上記のような構成を有する本実施形態の作用を、図5に示したフローチャートにしたがって説明する。図5に示したように、制御開始時には、切替弁31は未反応ガス流路側へ開かれており、温湿度交換手段11によって既反応ガスから未反応ガスへ加湿が行われる。

【0035】そして、ステップ501において、前記コントロールユニット34によって、既反応ガス温度センサ32及び未反応ガス温度センサ33の検出結果が監視され、 $T_w < A(T_d) - \Delta T_w$ の条件を満足しない場合、すなわち、既反応ガス温度が所定の値以上である場合には、そのまま運転が行われる。一方、既反応ガス温度が $T_w < A(T_d) - \Delta T_w$ の条件を満足した場合、すなわち、図2のB点のように、既反応ガス温度が、燃料電池本体のバランス曲線 $T_w = A(T_d)$ より下の領域に推移すると、ステップ502に進み、バイパス通路30へ切り替わる。なお、この場合も、図2に示すように、バランス曲線に対して所定の幅 $\Delta T_w$ を設定し、この幅より下回るときにバイパス通路へ切り替わるようにすると、切り替えの回数を少なくできる。

【0036】このようにして、バイパス通路30へ切り替わると、未反応ガスが温湿度交換手段11に供給されなくなるため、未反応ガスへの加湿が行われなくなり、図2のB点→C点のように、未反応ガス温度が低下していく。そして、ステップ503において、前記コントロールユニット34によって、既反応ガス温度センサ32及び未反応ガス温度センサ33の検出結果が監視され、 $T_w \geq A(T_d) + \Delta T_w$ の条件を満足しない場合、すなわち、既反応ガス温度が所定の値以下である場合に

は、そのまま運転が行われる。

【0037】そして、未反応ガス温度がさらに低下し、図2のD点のように、既反応ガス温度が、燃料電池本体のバランス曲線 $T_w = A(T_d)$ よりも上の領域に推移すると、ステップ504に進み、再び未反応ガス通路へ切り替えられる。その結果、未反応ガスが温湿度供給手段11に供給されて、加湿され、図2のD点→C点のように、未反応ガス温度が上昇する。なお、ここでも、バランス曲線に対して所定の制御幅 $\Delta T_w$ を設置している。以上の制御フローを繰り返すことにより、温湿度交換手段のバランス曲線を外れても、燃料電池本体のバランス曲線上のC点に保つ制御を行うことができる。

【0038】また、第1実施形態と同様に、本実施形態の燃料電池システムと、従来のバイパス通路をもたない燃料電池システムを用意し、冷却水により燃料電池本体の温度を変化させて発電試験を行ったところ、以下のような結果が得られた。まず、未反応ガス温度が65℃、既反応ガス温度が70℃となるように発電試験を行ったところ、燃料電池本体の水バランスと、温湿度交換手段のバランスが一致し、2つのシステムとも安定した運転が可能であった。

【0039】次に、既反応ガス温度が65℃となるように燃料電池本体の温度を下げて試験を行ったところ、本実施形態の燃料電池システムでは、切替弁を制御することにより、燃料電池本体で水がバランスする点、すなわち既反応ガス温度が65℃、未反応ガス温度が50℃で運転を行うことができ、継続して運転が可能となった。

【0040】〔2-3. 効果〕このように、本実施形態によれば、温湿度交換手段の未反応ガス流路の入口と出口を結ぶバイパス通路と、このバイパス通路へ切り替える切替弁と、未反応ガス温度センサ及び既反応ガス温度センサを設け、既反応ガス温度センサと未反応ガス温度センサの検出結果に基づいて、切替弁の切り替え動作を制御することによって、燃料電池本体での水がバランスする条件での運転が可能となる。

【0041】なお、本実施形態では、検出手段として温度センサを用いたが、湿度センサや露点計で代用しても同様の効果が得られる。また、バイパス流路への切替を切替弁を用いて行ったが、バイパス流路と既反応ガス流路の一方もしくは両方に開閉弁を設けても同様の効果が得られる。

#### 【0042】〔3. 第3実施形態〕

〔3-1. 構成〕図6は、本発明に係る固体高分子型燃料電池システムの第3実施形態の構成を示す図である。すなわち、本実施形態においては、温湿度交換手段11が複数の交換セルから構成され、これら複数の交換セルのうち、一部の交換セルに流通する第1の既反応ガス流路13aと、残りの交換セルに流通する第2の既反応ガス流路13bが設けられ、さらに、前記第2の既反応ガス流路13bを開閉する開閉弁45が設けられている。



また、温湿度交換手段 11 の既反応ガス流路の入口と出口を結ぶバイパス通路 40 が設けられ、燃料電池の酸化剤極 2 から温湿度交換手段 11 の既反応ガス流路 13 へ至るライン上に、前記バイパス通路 40 へ切り替える切替弁 41 と、既反応ガス温度センサ 42 が設けられている。また、温湿度交換手段 11 の未反応ガス流路 12 から燃料電池の酸化剤極 2 へ至るライン上に、未反応ガス温度センサ 43 が設けられている。また、前記既反応ガス温度センサ 42 と未反応ガス温度センサ 43 の検出結果に基づいて、前記切替弁 41 及び開閉弁 45 の動作を制御するコントロールユニット 44 が設けられている。

【0043】図 7 は、本実施形態の温湿度交換手段のセル積層方向の断面図を示したものである。すなわち、温湿度交換手段 11 は複数の交換セルで構成され、各交換セルは、未反応ガス流路 12、保水性多孔質体 14 及び第 1 の既反応ガス流路 13 a、あるいは、未反応ガス流路 12、保水性多孔質体 14 及び第 2 の既反応ガス流路 13 b から構成されている。

【0044】また、図 8 は第 1 の既反応ガス流路 13 a、図 9 は第 2 の既反応ガス流路 13 b、図 10 は未反応ガス流路 12 を示したものである。図に示したように、それぞれの流路には、上部に未反応ガス供給マニホールド 46 及び既反応ガス排出マニホールド 47 が設けられ、下部に未反応ガス排出マニホールド 48 と、第 1 及び第 2 の既反応ガス供給マニホールド 49、50 が共通して設けられている。また、それぞれの流路には、金属メッシュからなる矩形のガス流路が形成されている。

【0045】上述したように、複数の交換セルのうち、一部のセルは、未反応ガス流路 12 と第 1 の既反応ガス流路 13 a が組合わされて使用され、残りのセルは、未反応ガス流路 12 と第 2 の既反応ガス流路 13 b が組合わされて使用されている。また、図 7 に示すように、積層された交換セルの両端部にはエンドプレート 51 が設けられており、左のエンドプレート 51 a には、未反応ガス入口 52 及び既反応ガス出口 53 が設けられ、右のエンドプレート 51 b には、未反応ガス出口 54 と、第 1 及び第 2 の既反応ガス入口 55、56 が設けられている。また、図 8 及び図 9 に示すように、第 1 及び第 2 の既反応ガス流路の既反応ガス排出マニホールド 47 は共通になっており、第 1 及び第 2 の既反応ガス流路を流れてきた既反応ガスは、同じマニホールドを介して排出される。

【0046】図 11 は、前記切替弁 41 及び開閉弁 45 を制御するための未反応ガス温度と既反応ガス温度の関係を示す図である。すなわち、温湿度交換手段 11 では、未反応ガス温度  $T_d$ 、すなわち未反応ガス出口露点と、既反応ガス温度  $T_w$ 、すなわち既反応ガス入口露点は、比例関係にある ( $T_w = B(T_d)$ )。そして、第 2 の既反応ガス流路 13 b への通路の開閉弁 45 を閉じた場合には、未反応ガス温度と既反応ガス温度の関係

は、図 11 中の曲線  $T_w = B(T_d)$  となる。一方、第 2 の既反応ガス流路 13 b への通路の開閉弁 45 を開いた場合には、未反応ガス温度と既反応ガス温度の関係は、図 11 中の曲線  $T_w = C(T_d)$  となる。すなわち、開閉弁 45 を開くと、すべての交換セルで加湿が行われるため、同じ既反応ガス温度でも高い未反応ガス温度が得られる。

【0047】一方、燃料電池本体では、反応による生成水が反応ガス中に蒸発し、燃料ガスの入口／出口の水蒸気の差分とともに排出空気に含まれる。生成水が効率良く排出されるためには、既反応ガス温度  $T_w$  と未反応ガス温度  $T_d$  は、既反応ガス中の水蒸気量が、未反応ガス中の水蒸気量と、生成水と、燃料ガス入口／出口の水蒸気量の差分との和と等しくなる関係、すなわち 1 対 1 の関係である必要がある ( $T_w = A(T_d)$ )。

【0048】図 11 に示したように、曲線が重なる点 A では、温湿度交換手段 11 で加湿された未反応ガスの温度  $T_d$  において含まれる水蒸気量と、生成水と、燃料ガス入口／出口の水蒸気量の差分との和が、温湿度交換手段 11 に供給される既反応ガスの温度  $T_w$  において含まれる水蒸気量と等しくなり、生成水を効率良く排出できて、定常な運転が可能となる。

【0049】〔3-2. 作用〕上記のような構成を有する本実施形態の作用を、図 12 に示したフローチャートにしたがって説明する。図 12 に示したように、制御開始時には、切替弁 41 は既反応ガス流路側へ開かれ、また、開閉弁 45 は閉じられており、温湿度交換手段 11 の複数のセルのうち、第 1 の既反応ガス流路 13 a を備える交換セルにおいて、既反応ガスから未反応ガスへ加湿が行われる。残りの交換セルには既反応ガスは供給されず、このセルを流れる未反応ガスは加湿されずにそのまま通過する。

【0050】そして、ステップ 1201 において、前記コントロールユニット 44 によって、既反応ガス温度センサ 42 及び未反応ガス温度センサ 43 の検出結果が監視され、 $T_w < A(T_d) - \Delta T_w1$  の条件を満足しない場合、すなわち、既反応ガス温度が所定の値以上である場合には、ステップ 1205 に進む。一方、既反応ガス温度が  $T_w < A(T_d) - \Delta T_w1$  の条件を満足した場合、すなわち、図 11 の B 点のように、既反応ガス温度が、燃料電池本体のバランス曲線  $T_w = A(T_d)$  より下の領域に推移すると、ステップ 1202 に進み、バイパス通路 40 へ切り替わる。なお、この場合、図 11 に示すように、バランス曲線に対して所定の幅  $\Delta T_w1$  を設定し、この幅より下回るときにバイパス通路へ切り替わるようにすると、切り替えの回数を少なくできる。

【0051】このようにして、バイパス通路 40 へ切り替わると、既反応ガスが温湿度交換手段 11 に供給されなくなるため、未反応ガスへの加湿が行われなくなり、図 11 の B 点→C 点のように、未反応ガス温度が低下し



ていく。そして、ステップ1203において、前記コントロールユニット44によって、既反応ガス温度センサ42及び未反応ガス温度センサ43の検出結果が監視され、 $T_w \geq A(T_d) + \Delta T_w 1$ の条件を満足しない場合、すなわち、既反応ガス温度が所定の値以下である場合には、そのまま運転が行われる。

【0052】そして、未反応ガス温度がさらに低下し、図11のD点のように、既反応ガス温度が、燃料電池本体のバランス曲線 $T_w = A(T_d)$ よりも上の領域に推移すると、ステップ1204に進み、再び既反応ガス通路へ切り替えられる。その結果、既反応ガスが温湿度供給手段11に供給されて、未反応ガスを加湿し、図11のD点→C点のように、未反応ガス温度が上昇する。なお、ここでも、バランス曲線に対して所定の制御幅 $\Delta T_w 1$ を設置している。

【0053】また、ステップ1205においては、前記コントロールユニット44によって、既反応ガス温度センサ42及び未反応ガス温度センサ43の検出結果が監視され、 $T_w > A(T_d) + \Delta T_w 2$ の条件を満足しない場合、すなわち、既反応ガス温度が所定の値以下である場合には、ステップ1201に戻り、運転が続けられる。一方、既反応ガス温度が $T_w > A(T_d) + \Delta T_w 2$ の条件を満足した場合、すなわち、図11のE点のように、既反応ガス温度が、燃料電池本体のバランス曲線 $T_w = A(T_d)$ よりも上の領域に推移すると、ステップ1206に進み、開閉弁45が開かれる。この時、図11に示すように、バランス曲線に対して所定の幅 $\Delta T_w 2$ を設定し、この幅より下回るときに開閉弁が開くようにすると、開閉の回数を少なくできる。

【0054】このようにして、開閉弁45が開かれると、第1の既反応ガス流路13aとともに、第2の既反応ガス流路13bへも既反応ガスが供給され、すべての交換セルで未反応ガスが加湿されるため、加湿量が増加し、図11中のE点→F点のように、未反応ガス温度が上昇していく。

【0055】そして、ステップ1207において、前記コントロールユニット44によって、既反応ガス温度センサ42及び未反応ガス温度センサ43の検出結果が監視され、 $T_w \leq A(T_d) - \Delta T_w 2$ の条件を満足しない場合、すなわち、既反応ガス温度が所定の値以上である場合には、そのまま運転が行われる。

【0056】一方、未反応ガス温度がさらに上昇し、図11のG点のように、既反応ガス温度が、燃料電池本体のバランス曲線 $T_w = A(T_d)$ よりも下の領域に推移すると、ステップ1208に進み、再び開閉弁45が閉じられ、第1の既反応ガス流路13aのみに既反応ガスが供給されるため、加湿量が減少し、図11のG点→F点のように、未反応ガス温度が低下する。ここでも、バランス曲線に対して所定の制御幅 $\Delta T_w 2$ を設置している。

【0057】以上の制御フローを繰り返すことにより、温湿度交換手段のバランス曲線を外れて加湿量が増加しても、燃料電池本体のバランス曲線上のC点に保つ制御を行うことができる。また、温湿度交換手段の交換セルを2通りに使用することにより、加湿量が減少しても、燃料電池本体のバランス曲線上のF点に保つ制御を行うことができる。

【0058】また、本実施形態の燃料電池システムと、従来のバイパス通路及び開閉弁をもたない燃料電池システムを用意し、冷却水により燃料電池本体の温度を変化させて発電試験を行ったところ、以下のような結果が得られた。まず、未反応ガス温度が65℃、既反応ガス温度が70℃となるように発電試験を行ったところ、燃料電池本体の水バランスと、温湿度交換手段のバランスが一致し、2つのシステムとも安定した運転が可能であった(図11のA点に相当する)。

【0059】次に、既反応ガス温度が65℃となるように燃料電池本体の温度を下げて試験を行ったところ、従来の燃料電池システムでは、未反応ガス温度が60℃となるように温湿度交換手段がバランスした。ところが、この条件では、未反応ガス温度に対して既反応ガス温度が低く、燃料電池本体で生成水を十分に排出できず、電極内に水が蓄積してガスの拡散を阻害し、運転を行うことができなかった(図11のB点に相当する)。一方、本実施形態の燃料電池システムでは、切替弁を制御することにより、燃料電池本体で水がバランスする点、すなわち既反応ガス温度が65℃、未反応ガス温度が50℃で運転を行うことができ、継続して運転が可能となった(図11のC点に相当する)。

【0060】次に、既反応ガス温度が75℃となるように燃料電池本体の温度を上げて試験を行ったところ、従来の燃料電池システムでは、未反応ガス温度が70℃となるように温湿度交換手段がバランスした。ところが、この条件では、未反応ガス温度に対して既反応ガス温度が高く、燃料電池本体で生成水の量以上の水蒸気が排出され、電解質膜中の水分が減少して抵抗が増加し、運転を行うことができなかった(図11のE点に相当する)。一方、本実施形態の燃料電池システムでは、開閉弁を制御することにより、燃料電池本体で水がバランスする点、すなわち既反応ガス温度が75℃、未反応ガス温度が72℃で運転を行うことができ、継続して運転が可能となった(図11のF点に相当する)。

【0061】[3-3. 効果] このように、本実施形態によれば、温湿度交換手段の既反応ガス流路の入口と出口を結ぶバイパス通路と、このバイパス通路へ切り替える切替弁と、未反応ガス温度センサ及び既反応ガス温度センサを設け、既反応ガス温度センサと未反応ガス温度センサの検出結果に基づいて、切替弁の切り替え動作を制御することによって、燃料電池本体での水がバランスする条件での運転が可能となる。

【0062】また、温湿度交換手段を複数の交換セルで構成し、複数の交換セルのうち、一部の交換セルに流通する第1の既反応ガス通路と、残りの交換セルに流通する第2の既反応ガス通路と、第2の既反応ガス通路を開閉する弁を設け、開閉弁を制御することで、加湿量を増加させることが可能となり、加湿量が不足した時にも加湿量を増加させて、燃料電池本体での水がバランスする条件での運転が可能となる。

【0063】なお、本実施形態では、検出手段として温度センサを用いたが、湿度センサや露点計で代用しても同様の効果が得られる。また、バイパス流路への切替を切替弁を用いて行ったが、バイパス流路と既反応ガス流路の一方もしくは両方に開閉弁を設けても同様の効果が得られる。

#### 【0064】[4. 第4実施形態]

[4-1. 構成] 図13は、本発明に係る固体高分子型燃料電池システムの第4実施形態の構成を示す図である。すなわち、本実施形態においても、第3実施形態と同様に、温湿度交換手段11が複数の交換セルから構成され、これら複数の交換セルのうち、一部の交換セルに流通する第1の未反応ガス流路12aと、残りの交換セルに流通する第2の未反応ガス流路12bが設けられ、さらに、前記第2の未反応ガス流路12bを開閉する開閉弁65が設けられている。また、温湿度交換手段11の未反応ガス流路の入口と出口を結ぶバイパス通路60が設けられ、コンプレッサ10から温湿度交換手段11の未反応ガス流路12へ至るライン上に、前記バイパス通路60へ切り替える切替弁61が設けられている。また、燃料電池の酸化剤極2から温湿度交換手段11の既反応ガス流路13へ至るライン上に、既反応ガス温度センサ62が設けられ、また、温湿度交換手段11の未反応ガス流路12から燃料電池の酸化剤極2へ至るライン上に、未反応ガス温度センサ63が設けられている。また、前記既反応ガス温度センサ62と未反応ガス温度センサ63の検出結果に基づいて、前記切替弁61及び開閉弁65の動作を制御するコントロールユニット64が設けられている。

【0065】図14は、本実施形態の温湿度交換手段のセル積層方向の断面図を示したものである。すなわち、温湿度交換手段11は複数の交換セルで構成され、各交換セルは、第1の未反応ガス流路12a、保水性多孔質体14及び既反応ガス流路13、あるいは、第2の未反応ガス流路12b、保水性多孔質体14及び既反応ガス流路13から構成されている。

【0066】また、図15は第1の未反応ガス流路12a、図16は第2の未反応ガス流路12b、図17は既反応ガス流路13を示したものである。図に示したように、それぞれの流路には、上部に第1及び第2の未反応ガス供給マニホールド66、67及び既反応ガス排出マニホールド68が設けられ、下部に未反応ガス排出マニ

ホールド69と、既反応ガス供給マニホールド70が共通して設けられている。また、それぞれの流路には、金属メッシュからなる矩形のガス流路が形成されている。

【0067】上述したように、複数の交換セルのうち、一部のセルは、既反応ガス流路13と第1の未反応ガス流路12aが組合わされて使用され、残りのセルは、既反応ガス流路13と第2の未反応ガス流路12bが組合わされて使用されている。また、図14に示すように、積層された交換セルの両端部にはエンドプレート71が設けられており、左のエンドプレート71aには、第1及び第2の未反応ガス入口72、73及び既反応ガス出口74が設けられ、右のエンドプレート71bには、未反応ガス出口75と、既反応ガス入口76が設けられている。また、図15及び図16に示すように、第1及び第2の未反応ガス流路の未反応ガス排出マニホールド69は共通になっており、第1及び第2の未反応ガス流路を流れてきた未反応ガスは、同じマニホールドを介して排出される。

【0068】図11は、前記切替弁61及び開閉弁65を制御するための未反応ガス温度と既反応ガス温度の関係を示す図である。すなわち、温湿度交換手段11では、未反応ガス温度 $T_d$ 、すなわち未反応ガス出口露点と、既反応ガス温度 $T_w$ 、すなわち既反応ガス入口露点は、比例関係にある( $T_w = B(T_d)$ )。そして、第2の未反応ガス流路12bへの通路の開閉弁65を閉じた場合には、未反応ガス温度と既反応ガス温度の関係は、図11中の曲線 $T_w = B(T_d)$ となる。一方、第2の未反応ガス流路12bへの通路の開閉弁65を開いた場合には、未反応ガス温度と既反応ガス温度の関係は、図11中の曲線 $T_w = C(T_d)$ となる。すなわち、開閉弁65を開くと、すべての交換セルで加湿が行われるため、同じ既反応ガス温度でも高い未反応ガス温度が得られる。

【0069】[4-2. 作用] 上記のような構成を有する本実施形態の作用を、図18に示したフローチャートにしたがって説明する。図18に示したように、制御開始時には、切替弁61は未反応ガス流路側へ開かれ、また、開閉弁65は閉じられており、温湿度交換手段11の複数のセルのうち、第1の未反応ガス流路12aを備える交換セルにおいて、既反応ガスから未反応ガスへ加湿が行われる。一方、残りの交換セルには未反応ガスは供給されないため、加湿は行われない。

【0070】そして、ステップ1801において、前記コントロールユニット64によって、既反応ガス温度センサ62及び未反応ガス温度センサ63の検出結果が監視され、 $T_w < A(T_d) - \Delta T_{w1}$ の条件を満足しない場合、すなわち、既反応ガス温度が所定の値以上である場合には、ステップ1805に進む。一方、既反応ガス温度が $T_w < A(T_d) - \Delta T_{w1}$ の条件を満足した場合、すなわち、図11のB点のように、既反応ガス温

度が、燃料電池本体のバランス曲線  $T_w = A(T_d)$  より下の領域に推移すると、ステップ 1802 に進み、バイパス通路 60 へ切り替わる。なお、この場合、図 11 に示すように、バランス曲線に対して所定の幅  $\Delta T_w 1$  を設定し、この幅より下回るときにバイパス通路へ切り替わるようにすると、切り替えの回数を少なくできる。

【0071】このようにして、バイパス通路 60 へ切り替わると、未反応ガスが温湿度交換手段 11 に供給されなくなるため、未反応ガスへの加湿が行われなくなり、図 11 の B 点→C 点のように、未反応ガス温度が低下していく。そして、ステップ 1803 において、前記コントロールユニット 64 によって、既反応ガス温度センサ 62 及び未反応ガス温度センサ 63 の検出結果が監視され、 $T_w \geq A(T_d) + \Delta T_w 1$  の条件を満足しない場合、すなわち、既反応ガス温度が所定の値以下である場合には、そのまま運転が行われる。

【0072】そして、未反応ガス温度がさらに低下し、図 11 の D 点のように、既反応ガス温度が、燃料電池本体のバランス曲線  $T_w = A(T_d)$  よりも上の領域に推移すると、ステップ 1804 に進み、再び未反応ガス通路へ切り替えられる。その結果、未反応ガスが温湿度供給手段 11 に供給され、未反応ガスが加湿されるので、図 11 の D 点→C 点のように、未反応ガス温度が上昇する。なお、ここでも、バランス曲線に対して所定の制御幅  $\Delta T_w 1$  を設置している。

【0073】また、ステップ 1805 においては、前記コントロールユニット 64 によって、既反応ガス温度センサ 62 及び未反応ガス温度センサ 63 の検出結果が監視され、 $T_w > A(T_d) + \Delta T_w 2$  の条件を満足しない場合、すなわち、既反応ガス温度が所定の値以下である場合には、ステップ 1801 に戻る。一方、既反応ガス温度が  $T_w > A(T_d) + \Delta T_w 2$  の条件を満足した場合、すなわち、図 11 の E 点のように、既反応ガス温度が、燃料電池本体のバランス曲線  $T_w = A(T_d)$  より上の領域に推移すると、ステップ 1806 に進み、開閉弁 65 が開かれる。この時、図 11 に示すように、バランス曲線に対して所定の幅  $\Delta T_w 2$  を設定し、この幅より下回るときに開閉弁が開くようにすると、開閉の回数を少なくできる。

【0074】このようにして、開閉弁 65 が開かれると、第 1 の未反応ガス流路 12a とともに、第 2 の未反応ガス流路 12b へも未反応ガスが供給され、すべての交換セルで未反応ガスが加湿されるため、加湿量が増加し、図 11 中の E 点→F 点のように、未反応ガス温度が上昇していく。

【0075】そして、ステップ 1807 において、前記コントロールユニット 64 によって、既反応ガス温度センサ 62 及び未反応ガス温度センサ 63 の検出結果が監視され、 $T_w \leq A(T_d) - \Delta T_w 2$  の条件を満足しない場合、すなわち、既反応ガス温度が所定の値以上であ

る場合には、そのまま運転が行われる。

【0076】一方、未反応ガス温度がさらに上昇し、図 11 の G 点のように、既反応ガス温度が、燃料電池本体のバランス曲線  $T_w = A(T_d)$  よりも下の領域に推移すると、ステップ 1808 に進み、再び開閉弁 65 が閉じられ、第 1 の未反応ガス流路 12a のみに未反応ガスが供給されるため、加湿量が減少し、図 11 の G 点→F 点のように、未反応ガス温度が低下する。ここでも、バランス曲線に対して所定の制御幅  $\Delta T_w 2$  を設置している。

【0077】以上の制御フローを繰り返すことにより、温湿度交換手段のバランス曲線を外れて加湿量が増加しても、燃料電池本体のバランス曲線上の C 点に保つ制御を行うことができる。また、温湿度交換手段の交換セルを 2 通りに使用することにより、加湿量が減少しても、燃料電池本体のバランス曲線上の F 点に保つ制御を行うことができる。

【0078】また、第 3 実施形態と同様に、本実施形態の燃料電池システムと、従来のバイパス通路及び開閉弁をもたない燃料電池システムを用意し、冷却水により燃料電池本体の温度を変化させて発電試験を行ったところ、以下のような結果が得られた。まず、未反応ガス温度が 65℃、既反応ガス温度が 70℃となるように発電試験を行ったところ、燃料電池本体の水バランスと、温湿度交換手段のバランスが一致し、2つのシステムとも安定した運転が可能であった。

【0079】次に、既反応ガス温度が 65℃となるように燃料電池本体の温度を下げて試験を行ったところ、本実施形態の燃料電池システムでは、切替弁の制御により、燃料電池本体で水がバランスする点、すなわち既反応ガス温度が 65℃、未反応ガス温度が 50℃で運転を行うことができ、継続して運転が可能となった。

【0080】次に、既反応ガス温度が 75℃となるように燃料電池本体の温度を上げて試験を行ったところ、本実施形態の燃料電池システムでは、開閉弁を制御することにより、燃料電池本体で水がバランスする点、すなわち既反応ガス温度が 75℃、未反応ガス温度が 72℃で運転を行うことができ、継続して運転が可能となった。

【0081】〔4-3. 効果〕このように、本実施形態によれば、温湿度交換手段の未反応ガス流路の入口と出口を結ぶバイパス通路と、このバイパス通路へ切り替える切替弁と、未反応ガス温度センサ及び既反応ガス温度センサを設け、既反応ガス温度センサと未反応ガス温度センサの検出結果に基づいて、切替弁の切り替え動作を制御することによって、燃料電池本体での水がバランスする条件での運転が可能となる。

【0082】また、温湿度交換手段を複数の交換セルで構成し、複数の交換セルのうち、一部の交換セルに流通する第 1 の未反応ガス通路と、残りの交換セルに流通する第 2 の未反応ガス通路と、第 2 の未反応ガス通路を開

閉する弁を設け、この開閉弁を制御することで、加湿量を増加させることが可能となり、加湿量が不足した時にも加湿量を増加させて、燃料電池本体での水がバランスする条件での運転が可能となる。

【0083】なお、本実施形態では、検出手段として温度センサを用いたが、湿度センサや露点計で代用しても同様の効果が得られる。また、バイパス流路への切替を切替弁を用いて行ったが、バイパス流路と既反応ガス流路の一方もしくは両方に開閉弁を設けても同様の効果が得られる。

【0084】〔5. 第5実施形態〕本実施形態は、上記第3実施形態の変形例であり、既反応ガス流路を第1の既反応ガス流路と第2の既反応ガス流路とから構成し、未反応ガス流路と既反応ガス流路の間に保水性の多孔質体を配置したものである。

【0085】〔5-1. 構成〕図19は、本発明に係る固体高分子型燃料電池システムの第5実施形態の構成を示す図である。すなわち、本実施形態においては、既反応ガス流路13が第1の既反応ガス流路13aと第2の既反応ガス流路13bとから構成され、互いに隣接して配置されたすべての未反応ガス流路12と第1又は第2の既反応ガス流路13a、13bの間に、保水性の多孔質体14が配設されている。その他の構成は、第3実施形態の図7と同様であるので説明は省略する。

【0086】〔5-2. 作用・効果〕図20は、第2の既反応ガス流路13bの開閉弁を閉じた時の作動状態を示したものである。この場合、既反応ガスは1つおきに流れ、その両側にある保水性の多孔質体14を介して未反応ガスを加湿する。したがって、未反応ガス流路1個に対して保水性の多孔質体1個が有効となり、加湿を行う。

【0087】また、図19は、第2の既反応ガス流路13bの開閉弁を開いた時の作動状態を示したものである。この場合、既反応ガスはすべての既反応ガス流路を流れ、その両側にある保水性の多孔質体14を介して未反応ガスを加湿する。したがって、未反応ガス流路1個に対して保水性の多孔質体2個が有効となり、加湿を行うため、交換面積が2倍となり、加湿量を増やすことが可能となる。

【0088】このように、本実施形態の温湿度交換手段を用いることにより、加湿量の増加が可能となり、第3実施形態と同様の効果が得られる。また、各流路の両側に保水性の多孔質体を配するため、温湿度交換手段のコンパクト化が可能となり、開閉弁を閉じて第1の既反応ガス流路だけを用いる時にも、全ての未反応ガスが加湿され、安定した動作が可能となる。

【0089】〔6. 第6実施形態〕本実施形態は、上記第4実施形態の変形例であり、未反応ガス流路を第1の未反応ガス流路と第2の未反応ガス流路とから構成し、未反応ガス流路と既反応ガス流路の間に保水性の多孔質

体を配置したものである。

【0090】〔6-1. 構成〕図21は、本発明に係る固体高分子型燃料電池システムの第6実施形態の構成を示す図である。すなわち、本実施形態においては、未反応ガス流路12が第1の未反応ガス流路12aと第2の未反応ガス流路12bとから構成され、互いに隣接して配置されたすべての第1又は第2の未反応ガス流路12a、12bと既反応ガス流路13の間に、保水性の多孔質体14が配設されている。その他の構成は、第4実施形態の図14と同様であるので説明は省略する。

【0091】〔6-2. 作用・効果〕図22は、第2の未反応ガス流路12bの開閉弁を閉じた時の作動状態を示したものである。この場合、未反応ガスは1つおきに流れ、その両側にある保水性の多孔質体14を介して、既反応ガスによって加湿される。したがって、未反応ガス流路1個に対して保水性の多孔質体2個が有効となり、加湿が行われる。

【0092】また、図21は、第2の未反応ガス流路12bの開閉弁を開いた時の作動状態を示したものである。この場合、未反応ガスはすべての未反応ガス流路を流れ、その両側にある保水性の多孔質体14を介して、既反応ガスによって加湿される。したがって、未反応ガス流路1個に対して保水性の多孔質体2個が有効となる。この場合、図22に示した開閉弁を閉じた時と比べて、未反応ガス流路1個に対する保水性多孔質体の個数は2個と同じだが、1個の未反応ガス流路を流れるガス量が半分となるため、加湿量を増やすことが可能となる。

【0093】このように、本実施形態の温湿度交換手段を用いることにより、加湿量の増加が可能となり、第4実施形態と同様の効果が得られる。また、各流路の両側に保水性の多孔質体を配するため、温湿度交換手段のコンパクト化が可能となり、開閉弁を閉じて第1の未反応ガス流路だけを用いる時にも、全ての未反応ガスが加湿され、安定した動作が可能となる。

【0094】〔7. 第7実施形態〕

〔7-1. 構成〕図23に示したように、本実施形態においては、温湿度交換手段11に、不凍液を用いた温度調整手段80が設けられている。この温度調整手段80は、冷却水ポンプ7の出口で分岐されたラインに、開閉弁81を介して接続されている。また、燃料電池の酸化剤極2から温湿度交換手段11の既反応ガス流路13へ至るライン上に、既反応ガス温度センサ82が設けられ、また、温湿度交換手段11の未反応ガス流路12から燃料電池の酸化剤極2へ至るライン上に、未反応ガス温度センサ83が設けられている。また、前記既反応ガス温度センサ82と未反応ガス温度センサ83の検出結果に基づいて、前記開閉弁81の開閉動作を制御するコントロールユニット84が設けられている。

【0095】〔7-2. 作用・効果〕上記のような構成

10

20

30

40

50

を有する本実施形態においては、既反応ガス温度センサ 82 と未反応ガス温度センサ 83 の検出結果に基づいて、温湿度交換手段 11 を冷却する必要がある場合には、開閉弁 81 が開かれ、温湿度交換手段 11 の温度調整手段 80 に不凍液が供給される。不凍液が供給されると、温湿度交換手段 11 が冷却されて、未反応ガス温度が低下する。したがって、図 2 に示した関係に基づいて、開閉弁 81 の開閉が制御されることにより、燃料電池本体での水がバランスする条件での運転が可能となる。

#### 【0096】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、温湿度交換手段における加湿量を適切に制御することができる、高性能の固体高分子型燃料電池システムを提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の固体高分子型燃料電池システムの第 1 実施形態の構成を示す図

【図 2】第 1 実施形態及び第 2 実施形態の燃料電池システムの制御曲線を示す図

【図 3】第 1 実施形態の動作を示すフローチャート

【図 4】本発明の固体高分子型燃料電池システムの第 2 実施形態の構成を示す図

【図 5】第 2 実施形態の動作を示すフローチャート

【図 6】本発明の固体高分子型燃料電池システムの第 3 実施形態の構成を示す図

【図 7】第 3 実施形態の温湿度交換手段の構成を示す縦断面図

【図 8】第 3 実施形態の温湿度交換手段の第 1 の既反応ガス流路の構成を示す平面図

【図 9】第 3 実施形態の温湿度交換手段の第 2 の既反応ガス流路の構成を示す平面図

【図 10】第 3 実施形態の温湿度交換手段の未反応ガス流路の構成を示す平面図

【図 11】第 3 実施形態及び第 4 実施形態の燃料電池システムの制御曲線を示す図

【図 12】第 3 実施形態の動作を示すフローチャート

【図 13】本発明の固体高分子型燃料電池システムの第 4 実施形態の構成を示す図

【図 14】第 4 実施形態の温湿度交換手段の構成を示す縦断面図

【図 15】第 4 実施形態の温湿度交換手段の第 1 の未反応ガス流路の構成を示す平面図

【図 16】第 4 実施形態の温湿度交換手段の第 2 の未反応ガス流路の構成を示す平面図

【図 17】第 4 実施形態の温湿度交換手段の既反応ガス流路の構成を示す平面図

【図 18】第 4 実施形態の動作を示すフローチャート

【図 19】第 5 実施形態の温湿度交換手段の構成を示す縦断面図であって、第 2 の既反応ガス流路の開閉弁を開いた状態を示す図

【図 20】第 5 実施形態の温湿度交換手段の構成を示す縦断面図であって、第 2 の既反応ガス流路の開閉弁を閉じた状態を示す図

10 【図 21】第 6 実施形態の温湿度交換手段の構成を示す縦断面図であって、第 2 の未反応ガス流路の開閉弁を開いた状態を示す図

【図 22】第 6 実施形態の温湿度交換手段の構成を示す縦断面図であって、第 2 の未反応ガス流路の開閉弁を閉じた状態を示す図

【図 23】本発明の固体高分子型燃料電池システムの第 7 実施形態の構成を示す図

【図 24】従来の固体高分子型燃料電池システムの構成を示す図

20 【符号の説明】

1 …燃料極

2 …酸化剤極

3 …固体高分子電解質膜

4 …冷却水板

5 …燃料改質器

6 …CO 低減器

7 …冷却水ポンプ

8 …ファン

10 …コンプレッサ

30 11 …温湿度交換手段

12 …未反応ガス流路

12 a …第 1 の未反応ガス流路

12 b …第 2 の未反応ガス流路

13 …既反応ガス流路

13 a …第 1 の既反応ガス流路

13 b …第 2 の既反応ガス流路

14 …保水性多孔質体

20, 30, 40, 60 …バイパス通路

21, 31, 41, 61 …切替弁

22, 32, 42, 62, 82 …既反応ガス温度センサ

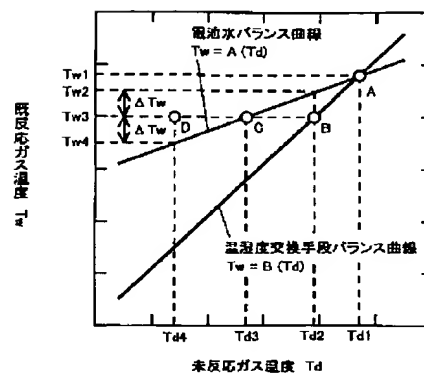
23, 33, 43, 63, 83 …未反応ガス温度センサ

24, 34, 44, 64, 84 …コントロールユニット

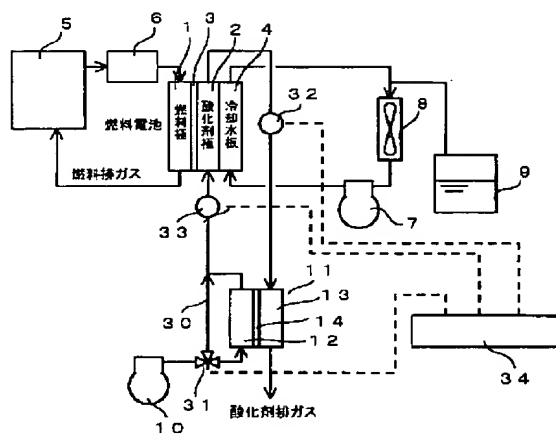
45, 65, 81 …開閉弁

80 …温度調整手段

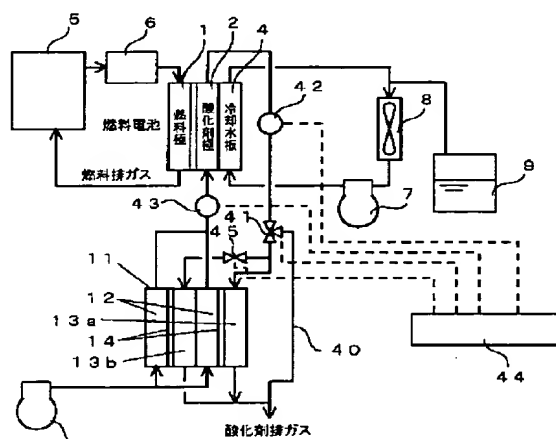
【图2】



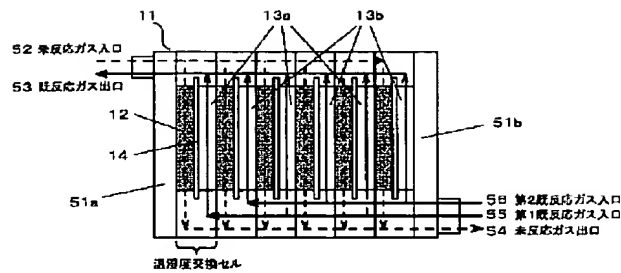
【図 4】



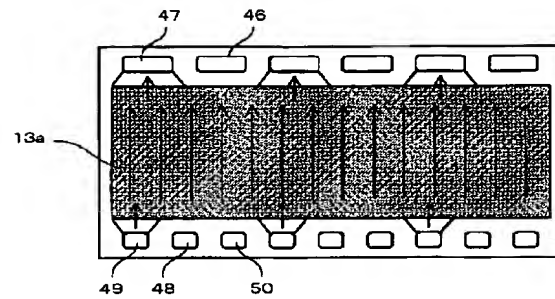
【图 5】



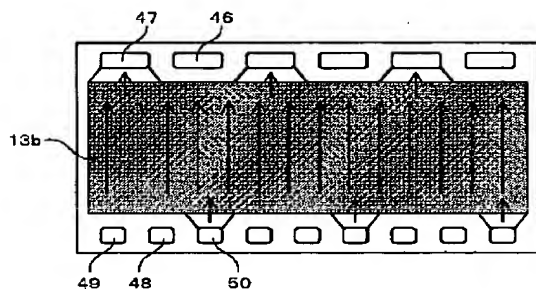
【図 7】



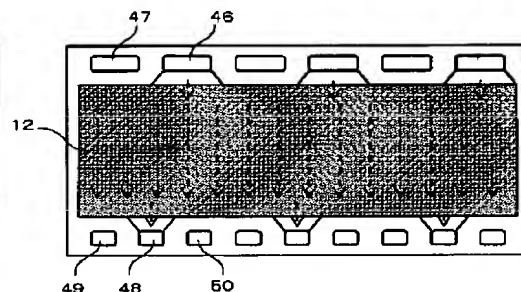
【図 8】



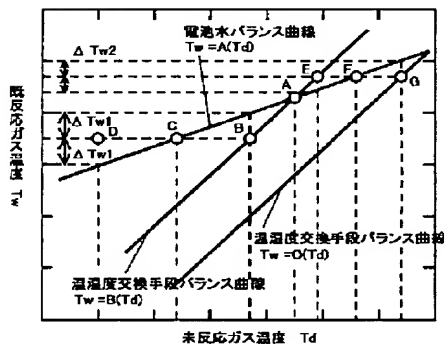
【図 9】



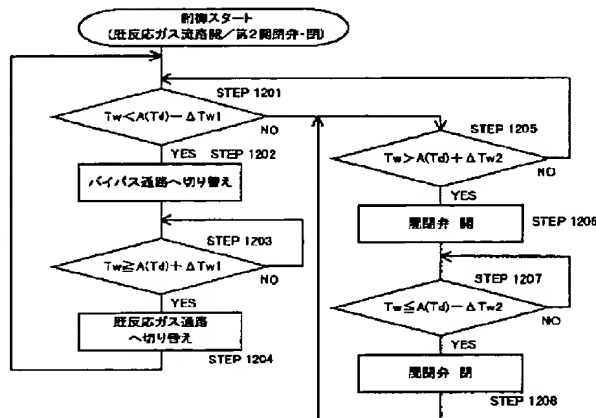
【図 10】



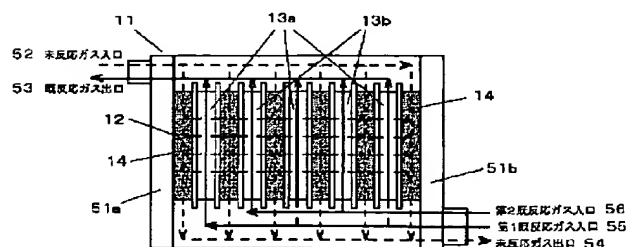
【図 11】



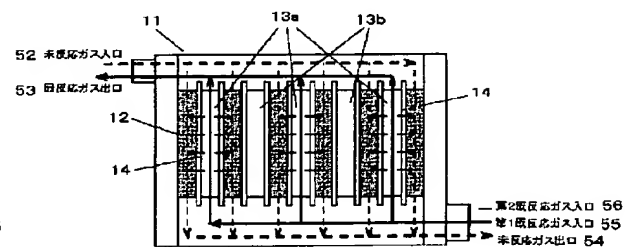
【図 12】



【図 19】

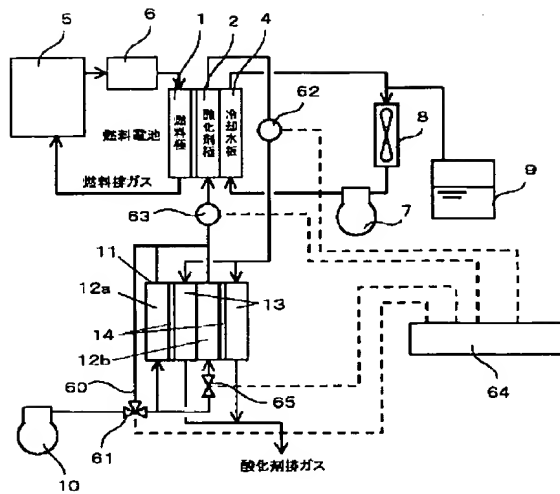


【図 20】

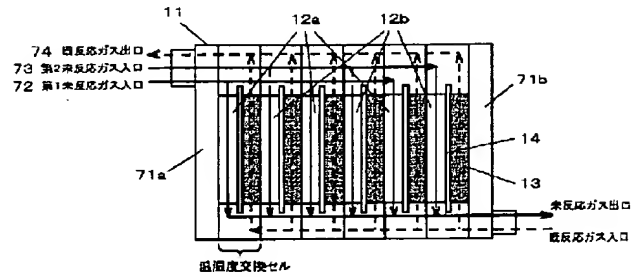




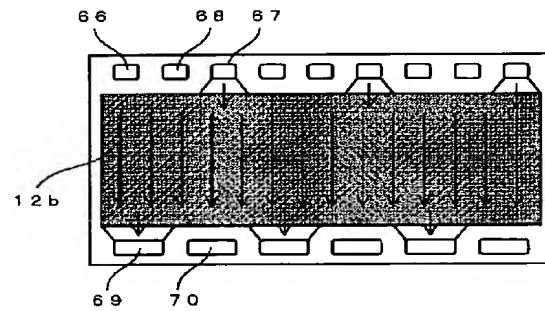
【図13】



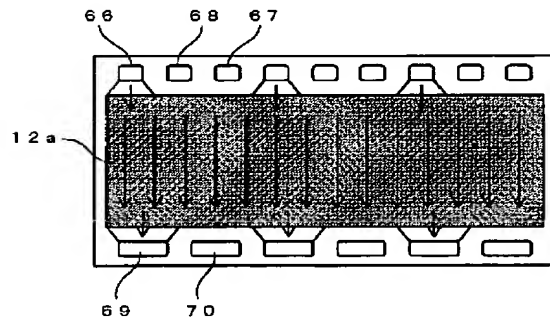
【図14】



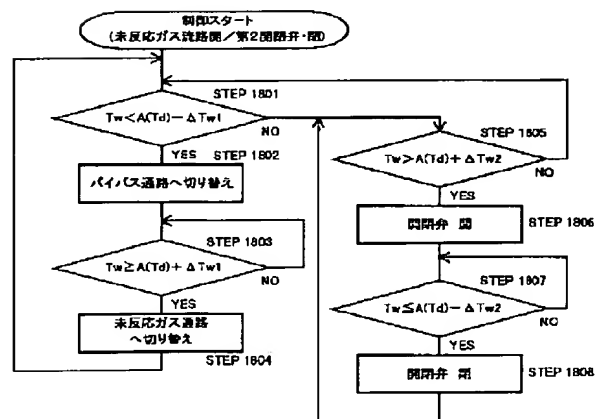
【図16】



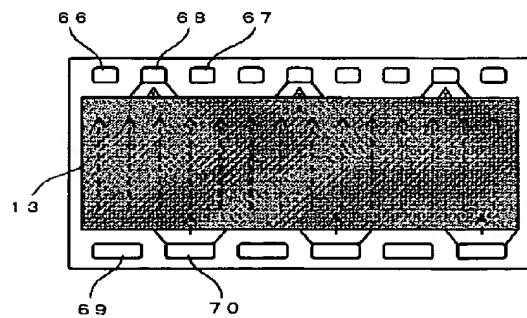
【図15】



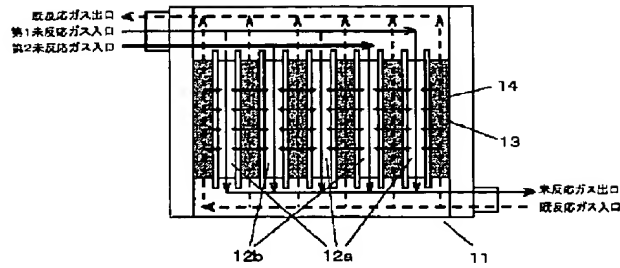
【図18】



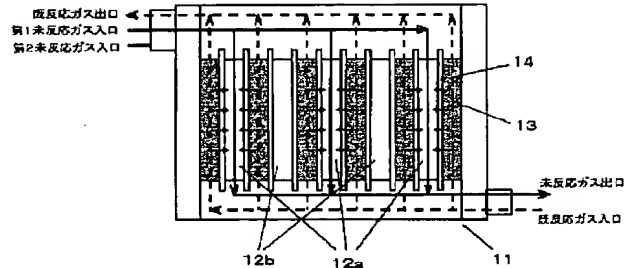
【図17】



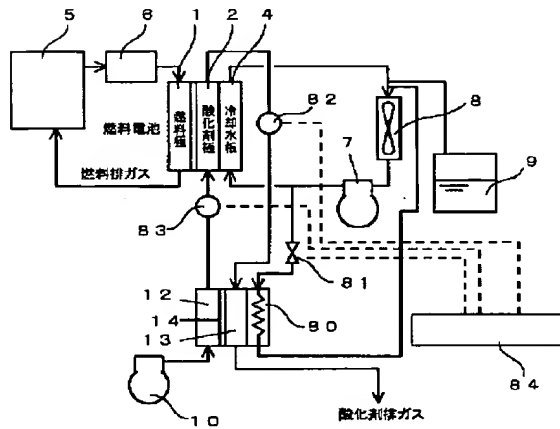
【図21】



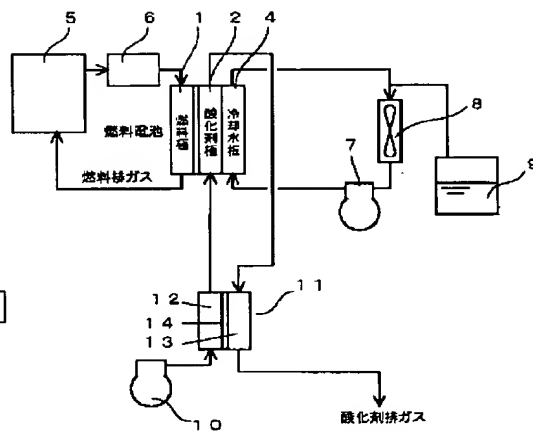
【図22】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

(72)発明者 堀 美知郎  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

Fターム(参考) 5H026 AA06 CC08  
5H027 AA06 CC06 KK00 KK41 KK44  
MM03 MM04 MM08 MM09 MM16